

MORFODINAMIK KALI PUTIH AKIBAT ERUPSI GUNUNGAPI MERAPI 2010 DI KABUPATEN MAGELANG, PROVINSI JAWA TENGAH

Brianardi Widagdo
brianardi.widagdo@gmail.com

Danang Sri Hadmoko
danang@gadjahmada.edu

Abstract

Kali Putih is one of the rivers that run into lahars events at most of the 17 other rivers, at eruption of Merapi Volcano in 2010. During the period 2010-2011, Kali Putih has experienced 29 times the incidence of lahars. Methods in the study of digital data processing and field survey.

These results indicate that the impact on the environment caused by lahars around Kali Putih is of ± 2 km². Riverbank change from 2007 and 2012 showed that the highest lateral erosion are in the downstream, while the riverbank dominant sedimentation process occurs in the upstream. Changes riverbed erosion shows the maximum value is 8 meters and a maximum sedimentation value is 10 meters with the highest intensity of erosion is in the upstream region, while the highest intensity of sedimentation is in the middle and downstream regions. Kali Putih morphological changes are controlled by three factors: characteristic of lahars, river valleys and human activities.

Keywords: Lahars, Morphology, Kali Putih, Merapi Volcano.

Abstrak

Kali Putih merupakan salah satu sungai yang mengalami kejadian lahar paling banyak diantara 17 sungai lainnya, pada saat terjadi Erupsi Gunungapi Merapi tahun 2010. Selama periode 2010-2011, Kali Putih telah mengalami 29 kali kejadian lahar. Metode dalam penelitian yaitu pengolahan data digital dan survey lapangan.

Hasil penelitian ini menunjukkan dampak yang ditimbulkan oleh lahar pada lingkungan sekitar Kali Putih yaitu seluas ± 2 km². Perubahan *riverbank* dari tahun 2007 dan tahun 2012 menunjukkan bahwa proses erosi lateral yang paling tinggi berada di bagian hilir, sedangkan proses sedimentasi pada *riverbank* dominan terjadi di bagian hulu. Perubahan *riverbed* menunjukkan nilai erosi maksimal adalah 8 meter dan nilai sedimentasi maksimal adalah 10 meter dengan intensitas erosi paling tinggi berada di wilayah hulu, sedangkan intensitas sedimentasi paling tinggi berada di wilayah tengah dan hilir. Perubahan morfologi Kali Putih dikontrol oleh tiga faktor yaitu faktor karakteristik lahar, faktor lembah sungai dan faktor aktifitas manusia.

Kata Kunci : Lahar, Morfologi, Kali Putih, Gunungapi Merapi.

PENDAHULUAN

Kali Putih mengalami perubahan morfologi sungai secara cepat. Hal ini disebabkan oleh aliran lahar yang memiliki daya rusak tinggi, dengan aliran yang sangat cepat, dan selama terjadi erupsi maupun keadaan pasca erupsi Gunungapi Merapi 2010 telah terjadi 282 jumlah kejadian lahar dengan debit maksimum $1800 \text{ m}^3/\text{dt}$ selama musim penghujan 2010-2011. (Surono, dkk., 2012)

Tujuan penelitian ini adalah mengkaji dampak erupsi Gunungapi Merapi tahun 2010 terhadap perubahan morfologi Kali Putih serta pengaruh yang ditimbulkan pada lingkungan sekitarnya dan mengidentifikasi lokasi yang mengalami erosi, longsor dan sedimentasi akibat aliran lahar.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah pengolahan data lahar dan citra penginderaan jauh dikombinasikan dengan pengukuran dilapangan, data diperoleh melalui survey lapangan, interpretasi citra dan pengolahan data *Digital Elevation Model* (DEM). Analisis secara komparatif membandingkan keadaan morfologi sebelum dan sesudah erupsi.

Pengukuran lapangan didasarkan pada segmen-segmen sungai yang menunjukkan potensi adanya perubahan morfologi yang mencolok. Teknik sampling yang digunakan adalah *systematic sampling* dan *purposive sampling*. *Systematic sampling* adalah metode sampling yang menggunakan jarak teratur untuk menentukan sampel, dalam penelitian

ini menggunakan jarak antar titik pengukuran $\pm 1,5 \text{ km}$. *Purposive sampling* merupakan metode pengambilan sampel yang didasarkan pada pertimbangan tertentu, pada penelitian pertimbangan yang digunakan untuk dasar pengambilan sampel adalah segmen-segmen sungai pada daerah hulu, tengah dan hilir yang secara representatif dapat menunjukkan adanya perubahan sungai melalui interpretasi citra dan peta RBI.

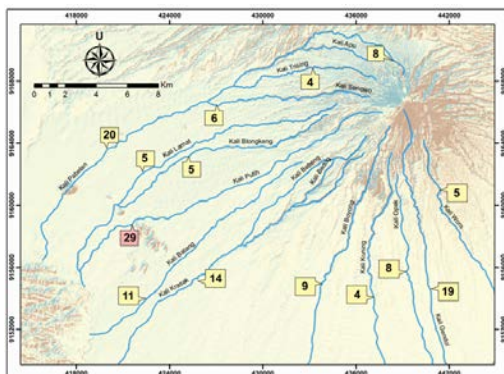
Perhitungan erosi dan sedimentasi dilakukan berdasarkan data DEM pra dan pasca. DEM calculation dilakukan pada perangkat lunak ArcGIS 10.2. Sedangkan analisis longsor tebing pada daerah ini difokuskan pada distribusi kejadian longsor tebing di sepanjang aliran Kali Putih.

Kali Putih merupakan salah satu sungai dengan potensi terjadinya aliran lahar yang paling tinggi diantara sungai-sungai lain yang berhulu di Gunungapi Merapi. Berdasarkan data yang tercatat dalam periode 1969 hingga 2012, terjadi kurang lebih 169 kejadian lahar yang tinggi di Kali Putih

HASIL DAN PEMBAHASAN

Erupsi Gunungapi Merapi 2010 menghasilkan berbagai macam bahaya, salah satunya adalah lahar. Lahar merupakan material piroklastik yang mengalir akibat bercampur dengan air hujan, aliran lahar terjadi saat tersedia air yang cukup untuk membawa material piroklastik dalam jumlah tertentu dengan kondisi lereng yang mampu membawa aliran secara gravitasional serta adanya mekanisme pemicu (Vallance, 2000).

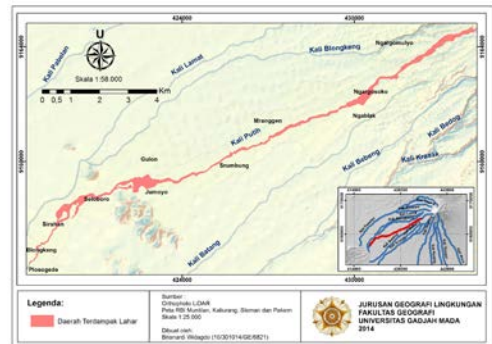
Kali Putih merupakan salah satu sungai dengan potensi terjadinya aliran lahar yang paling tinggi diantara sungai-sungai lain yang berhulu di Gunungapi Merapi. Berdasarkan data yang tercatat dalam periode 1969 hingga 2012, terjadi kurang lebih 169 kejadian lahar yang tinggi di Kali Putih. Selama periode 2010-2011, Kali Putih telah mengalami 29 kali kejadian lahar (De B  lizar et al, 2013), dan merupakan jumlah kejadian lahar tertinggi dari seluruh kejadian lahar pada periode tersebut. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Jumlah Kejadian Lahar di Kali Putih tahun 2010-2011

Lahar menjangkau lebih dari 20 km dari hulu hingga hilir di Kali Putih. Luapan lahar di Kali Putih dapat diidentifikasi menggunakan citra penginderaan jauh. Interpretasi citra pra kejadian erupsi dan pasca kejadian erupsi dapat menunjukkan kenampakan luasan lahar yang ada. Salah satu data citra yang dapat menunjukkan kenampak secara detail adalah menggunakan data Orthophoto LiDAR perekaman 2012. Hasil interpretasi menunjukkan luasan daerah yang terdampak mencakup sekitar $\pm 2 \text{ km}^2$

dan Desa Jumoyo memiliki luasan area yang terdampak lahar terluas dengan luas sebesar $0,484 \text{ km}^2$. Luasan dampak aliran lahar dapat dilihat pada Gambar 2.



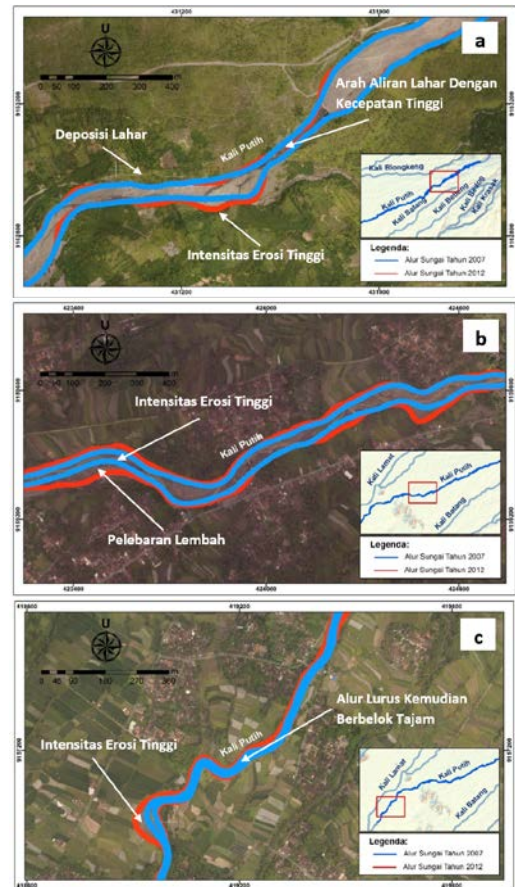
Gambar 2. Peta Daerah Terkena Dampak Lahar di Kali Putih

Aliran lahar memiliki daya erosi yang tinggi, ditambah dengan kecepatan dan daya rusak yang tinggi. Lahar menyebabkan perubahan morfologi baik di *riverbank* maupun di *riverbed*. Perubahan morfologi ditinjau dari perubahan tebing sungai (*riverbank*) erat kaitannya dengan longsor tebing yang pada *riverbank*. Analisis perubahan tebing sungai ini menggunakan data perubahan *riverbank* yang diperoleh dari pengolahan data citra quickbird tahun 2007 dan 2012, disamping itu juga dikombinasikan dengan data orthophoto tahun 2012. Berdasarkan hasil pengolahan data citra, pola longsor tebing dari hulu hingga hilir Kali Putih memiliki pola yang seragam yaitu terjadi disepanjang Kali Putih. Luas *riverbank* pra kejadian lahar pada tahun 2007 yakni sebesar $0,98 \text{ km}^2$ sedangkan luas alur sungai pasca kejadian lahar tahun 2012 yakni sebesar $1,18 \text{ km}^2$. Hal ini menunjukkan bahwa selama proses kejadian lahar terjadi perubahan terhadap *riverbank*,

yakni dapat berupa erosi lateral maupun sedimentasi pada riverbank. Perubahan riverbank disebabkan oleh dua faktor, yaitu faktor langsung dan faktor langsung. Faktor langsung yakni disebabkan lahar menyebabkan erosi lateral yang kemudian mengikis dasar tebing sungai. Tebing sungai yang dasarnya mulai terkikis akan kehilangan penopang untuk material diatasnya, sehingga terjadi runtuh dan terjadi longsor tebing. Material hasil longsor tebing kemudian akan terbawa oleh lahar dan kemudian terbentuklah batas tebing yang baru. Faktor tidak langsung yakni berupa aktivitas manusia berupa penambangan pasir. Penambangan pada tebing sungai akan bekerja sama dengan lahar untuk merubah riverbank. Hal ini menyebabkan material pada tebing sungai akan mudah tererosi oleh lahar atau aliran, sehingga proses pembentukan teras sungai sebagai riverbank baru akan terjadi.

Proses perubahan riverbank di Kali Putih ini memiliki pola beragam, sesuai dengan dimensi dan bentuk alur sungainya. Sungai yang memiliki alur lurus yang kemudian berbelok tajam akan memiliki tingkat kerentanan akan tererosi lebih besar, hal ini disebabkan material lahar akan secara langsung menabrak tebing sungai saat aliran berbelok. Lahar yang memiliki tenaga cukup kuat akan secara intens menabrak tebing sungai di kelokan sungai tersebut, bentukan sungai seperti ini dapat dilihat pada Gambar 3 bagian (b) dan bagian (c). Bentuk lain yang rentan tererosi oleh lahar adalah bentuk sungai bottle neck yaitu sungai yang bentuk seperti botol, yaitu lembah sungai yang lebar kemudian

menyempit. Pada Gambar 3 bagian (a). terlihat bahwa bentuk bottle neck, lahar akan memiliki kekuatan berlipat disebabkan oleh tekanan yang dihasilkan juga bertambah besar. Daerah yang berhadapan langsung dengan lembah sungai yang menyempit akan rentan terhadap erosi oleh lahar (Dipayana, 2013).



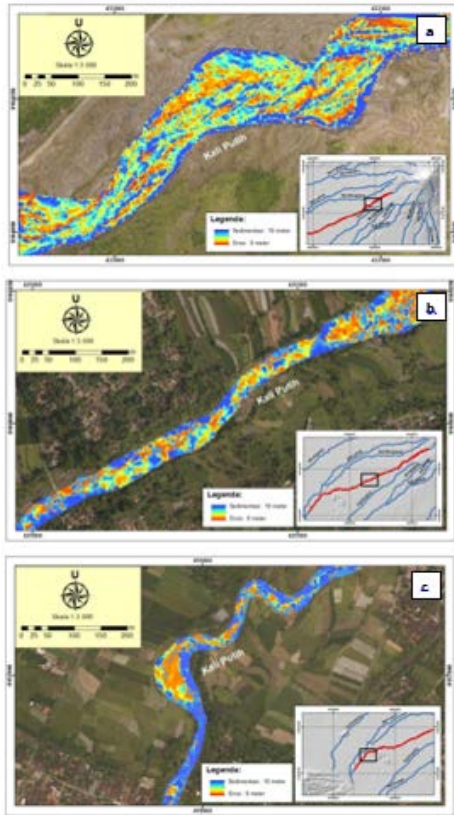
Gambar 3. Perubahan Alur Kali Putih di Bagian Hulu (a), Tengah (b) dan Hilir (c)

Perubahan *riverbed* dapat ditinjau berdasarkan kenampakan dilapangan, yaitu menghilangnya *riverbed* sebelum adanya lahar dan munculnya *riverbed* baru karena

adanya material lahar yang diendapkan (Hadmoko, dkk., 2013). Analisis proses erosi, sedimentasi dan longsor tebing untuk identifikasi perubahan morfologi Kali Putih akibat kejadian lahar dapat dilakukan dengan membandingkan topografi sebelum dan sesudah kejadian lahar, yaitu berdasarkan elevasi dari alur sungai. Metode ini mengidentifikasi perubahan ketinggian sungai secara vertikal, sehingga dibutuhkan data ketinggian yang cukup baik dari sebelum kejadian maupun sesudah kejadian lahar di Kali Putih. Salah satu data yang dapat merepresentasikan morfologi secara baik adalah *Digital Elevation Model* (DEM). Hasil perhitungan DEM di Kali Putih menunjukkan bahwa nilai erosi maksimal adalah sebesar 8 meter dan nilai sedimentasi maksimal adalah 10 meter, Gambar 4 menunjukkan perbedaan nilai erosi dan sedimentasi dari hulu hingga hilir Kali Putih. Daerah hulu, tengah dan hilir memiliki pola-pola erosi maupun sedimentasi yang berbeda-beda. Pola erosi dari daerah hulu hingga hilir menunjukkan kecenderungan semakin menurun, sedangkan untuk pola sedimentasi menunjukkan kecenderungan bagian tengah Kali Putih merupakan paling banyak terjadi sedimentasi. Pada daerah hulu nilai erosi menunjukkan intensitas yang cukup besar, hal ini dapat dilihat pada Gambar 4 bagian (a). Beberapa faktor yang mempengaruhi hal ini antara lain kemiringan lereng yang masih curam, hal ini menyebabkan tenaga erosi yang dihasilkan oleh lahar masih cukup tinggi. Selain itu material lahar yang terbawa masih didominasi material berukuran *pebbles* hingga *boulder*

sehingga menghasilkan gaya gesek yang tinggi pada alur sungai. Daerah tengah Kali Putih mengalami penurunan intensitas erosi, hal ini dikarenakan menurunnya gradient lereng sungai. Perbedaan lereng yang cukup tajam dari daerah hulu ke tengah ini menyebabkan banyaknya terjadi deposisi lahar. Gambar 4 bagian (b) menunjukkan bahwa pada daerah tengah sedimentasi terjadi sangat besar, mencapai 10 meter. Daerah tengah tidak memiliki lebar sungai seperti pada sungai di daerah hulu, sehingga saat terjadi aliran lahar yang melebihi kapasitas sungai akan menyebabkan luapan lahar, hal ini banyak dijumpai pada lokasi-lokasi Sabo DAM yang banyak terjadi luapan di lokasi tersebut. Daerah hilir memiliki intensitas erosi yang sudah sangat menurun, hal ini dapat dilihat pada Gambar 4 bagian (c). Kecepatan lahar saat sampai di daerah hilir sudah sangat menurun sehingga daya gesek lahar sudah menurun, selain itu material yang dibawa oleh lahar sudah tersortasi mulai dari *pebbles* hingga *sand*. Berdasarkan konsep transport sedimen, pada daerah hulu lebih didominasi oleh proses erosi karena kemiringan lereng yang besar, sedangkan pada daerah hilir dengan kemiringan lereng yang lebih rendah merupakan daerah deposisi, bagitupula yang terjadi di Kali Putih ini. Daerah hilir didominasi oleh deposisi material lahar disepanjang alur sungai. Sehingga dapat dikatakan bahwa lahar merupakan aliran yang sama seperti aliran air pada sungai, terjadi proses erosi dan sedimentasi namun memiliki intensitas lebih besar dan lebih cepat dalam perkembangannya sehingga

dapat merubah morfologi sungai secara cepat.



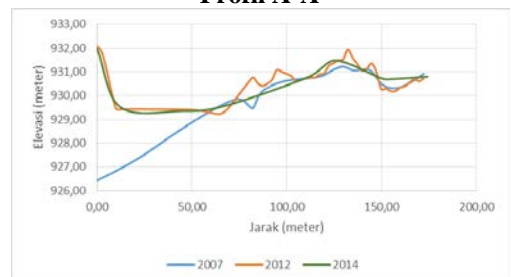
Gambar 4. Gambaran Hasil Perhitungan Erosi dan Sedimentasi pada Daerah Hulu (a), Tengah (b) dan Hilir (c)

Penampang melintang (profil) sungai dapat menunjukkan perubahan morfologi sungai, yaitu dengan cara membandingkan profil sungai dari beberapa periode waktu untuk menunjukkan perubahan relief profil sungai. Profil sungai yang digunakan dalam analisis perubahan morfologi Kali Putih yaitu profil yang diolah dari data tahun 2007, 2012 dan 2014. Data tahun 2007 dan 2012 menggunakan data DEM, data tersebut memuat

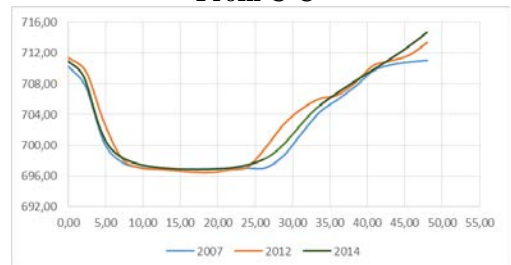
informasi ketinggian yang kemudian diolah untuk merepresentasikan kondisi morfologi pada periode waktu tersebut. Sedangkan profil Kali Putih tahun 2014 menggunakan data pengukuran lapangan, yang dikemudian diolah dan disesuaikan. Semua profil melintang sungai yang dibuat berdasarkan segmen sungai disepanjang Kali Putih. Terdapat 12 segmen profil melintang sungai yang digunakan untuk mengetahui proses yang terjadi di Kali Putih.

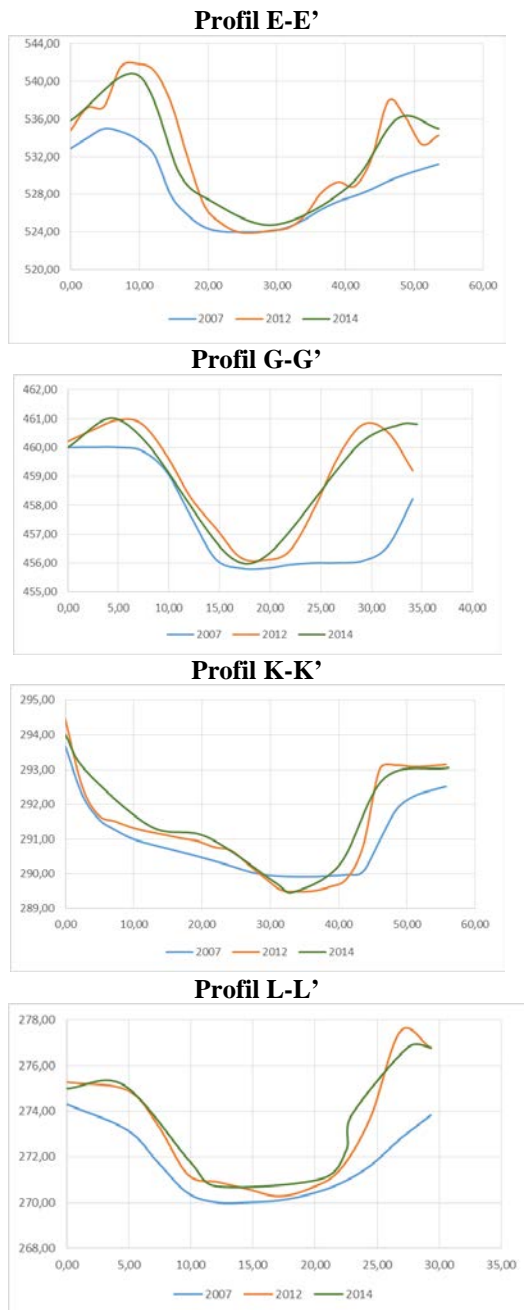
Terdapat 6 profil melintang yang digunakan dalam penelitian ini mewakili tiap bagian sungai, yaitu profil A – A' dan profil C – C' untuk daerah hulu, profil E – E' dan profil G – G' untuk daerah tengah, profil K – K' dan profil L – L' untuk daerah hilir, yang ditunjukkan pada Gambar 5.

Profil A-A'



Profil C-C'





Gambar 5. Penampang Melintang di Segmen Alur Sungai Kali Putih Tahun 2007, 2012 dan 2014

Perubahan morfologi profil melintang dari hulu, tengah hingga hilir di Kali Putih ini mempunyai karakteristik bermacam-macam,

namun memiliki faktor yang sama. Faktor-faktor tersebut dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok faktor yaitu faktor karakteristik lahar, faktor lembah sungai dan faktor aktifitas manusia. Faktor karakteristik lahar yaitu lahar memiliki kecepatan dan komposisi yang berbeda dari hulu hingga hilir. Lahar pada daerah hulu masih memiliki kecepatan tinggi dan membawa material lahar dalam jumlah besar, sehingga sedimentasi dan erosi masih intensif terjadi di daerah hulu. Kecepatan dan kekuatan lahar akan berkurang secara dratis saat menuju daerah tengah atau daerah transisi antara hulu dengan hilir, sehingga pada daerah ini terdapat banyak material sedimen yang terdeposisi karena daya angkut lahar menurun. Kecepatan dan kekuatan lahar akan habis menuju hilir, sehingga daerah hilir akan didominasi oleh proses deposisi material lahar. Material lahar sendiri di daerah hulu hingga hilir akan semakin kecil materialnya, yaitu dari material berukuran boulder hingga pebbles pada daerah hulu akan menjadi pebbles hingga sand pada daerah hilir. Hal ini terkait pada daya angkut lahar yang semakin menurun menuju hilir. Material lahar ini berpotensi mengerosi dasar tebing sungai yang menyebabkan longsor tebing pada sisi sungai, material yang dibawa oleh lahar dengan tebing akan menyebabkan meningkatnya gaya gesek pada tebing yang kemudian menyebabkan material diatasnya runtuh atau longsor.

Faktor karakteristik lembah sungai terkait pada bentuk lembah, dan kompaksi dasar maupun tebing sungai. Bentuk lembah sungai mempunyai variasi dari hulu hingga hilir, lembah

sungai yang memiliki lebar akan memiliki repson berbeda dengan lembah sungai yang sempit. Lembah sungai yang lebar mampu menampung jumlah material lahar yang terdeposisi dalam jumlah banyak, hal ini dicirikan dengan terbentuknya teras sungai baru yang bersifat sementara yang terus tererosi akibat materialnya belum kompak. Sedangkan sungai dengan lembah sungai yang sempit biasanya tidak terbentuk teras sungai baru, karena proses erosi terus terjadi pada deposisi diseluruh alur sungai. Perbedaan kompaksi material pada dasar sungai maupun tebing sungai akan berpengaruh pada kekuatan menahan aliran lahar maupun air yang mengalir pada alur sungai, semakin rendah kompaksinya maka akan semakin mudah tererosi oleh aliran tersebut.

Karakteristik lembah juga dipengaruhi oleh bangunan pelindung atau lebih dikenal dengan SABO DAM. SABO DAM berfungsi sebagai bangunan pengontrol sedimen lahar, namun pada saat kejadian erupsi tahun 2010 bangunan SABO DAM kebanyakan mengalami overload sedimen, sehingga menyebabkan lahar meluap disamping SABO DAM. Hal ini berdampak pada melebarnya dampak aliran lahar pada sekitar SABO DAM, selain itu aliran lahar meningkat kecepatannya saat turun dari SABO DAM karena berubah menjadi terjunan yang menunjam dasar sungai sehingga merubah morfologi dasar sungai.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dari data yang terkumpul, maka dapat disimpulkan :

1. Kali Putih terjadi 29 kejadian lahar pada periode waktu tahun 2010 hingga tahun 2011. Dampak yang ditimbulkan oleh lahar pada lingkungan sekitar Kali Putih yaitu sebesar $\pm 2 \text{ km}^2$, dengan Desa Jumoyo sebagai desa dengan luasan yang terkena dampak paling tinggi yaitu sebesar $0,484 \text{ km}^2$.
2. Proses erosi, sedimentasi dan longsor tebing merupakan proses-proses yang ditimbulkan akibat aliran lahar yang dicerminkan dalam perubahan morfologi sungai di Kali Putih.
 - a. Perubahan morfologi sungai ditunjukkan oleh perubahan tebing sungai (riverbank) dan dasar sungai (riverbed) yang memiliki intensitas berbeda pada tiap bagian sungai.
 - b. Perubahan riverbank dari tahun 2007 (pra kejadian lahar) dan tahun 2010 (pasca kejadian lahar) menunjukkan bahwa proses erosi lateral yang paling tinggi berada di bagian hilir yang menyebabkan melebarnya lembah sungai, sedangkan proses sedimentasi pada riverbank dominan terjadi di bagian hulu yang menyebabkan menyempit lembah sungai.
 - c. Perubahan morfologi riverbed menggunakan data DEM menunjukkan besarnya proses

erosi dan sedimentasi yang terjadi di sepanjang alur Kali Putih, yaitu dengan nilai erosi maksimal adalah 8 meter dan nilai sedimentasi maksimal adalah 10 meter. Pola erosi pada riverbed menunjukkan intensitas erosi paling tinggi berada di wilayah hulu dan semakin menurun ke arah hilir. Sedangkan pola sedimentasi menunjukkan intensitas sedimentasi paling tinggi berada di wilayah tengah dan hilir.

- d. Profil melintang menunjukkan perubahan tiap segmen sungai dari tahun 2007, 2012 dan 2014. Profil melintang sungai menunjukkan perubahan morfologi menurut periode waktu tertentu. Faktor yang menyebabkan berubahnya morfologi sungai berdasarkan profil melintang sungai dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok faktor yaitu faktor karakteristik lahar, faktor lembah sungai dan faktor aktifitas manusia.

DAFTAR PUSTAKA

De Bélizal E, Lavigne F, Hadmoko DS, Degeai JP, Dipayana GA, Mutaqin BW, Marfai MA, Coquet M, Le Mauff JB, Robin AK, Vidal C, Cholik N, Aisyah N, 2013. Rain-triggered lahars following the 2010 eruption of Merapi volcano, Indonesia: A major risk. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 261 : 330–347

Dipayana, G.A., 2013. Lahar Pasca Erupsi Gunungapi Merapi 2010 di Kali Putih, Magelang, Jawa Tengah : Karakteristik, Dampak Terhadap Perubahan Morfologi Sungai dan Pemodelan dengan Lahar Z. *Thesis*. Yogyakarta : Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.

Hadmoko, D.S., Dibyosaputro, S., dan Widiyanto. 2013. *Banjir Lahar : Pembentukan, Proses, Dampak dan Mitigasinya*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press

Surono, Jousset, P., Pallister, J., Boichu, M., Buongiorno, M.F., Budisantoso, A., Costa, F., Andreastuti, S., Prata, F., Schneider, D., Clarisse, L., Humaida, H., Sumarti, S., Bignami, C., Griswold, J., Carn, S., Oppenheimer, C., Lavigne, F. 2012. The 2010 explosive eruption of Java's Merapi volcano – a „100-year“ event. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*.

Vallance, J.W. 2000. Lahars, Dalam Sigurdsson, H. Houghton, B.F Mc. Nutt., S.Rymer, H.Stix, J. eds. *Encyclopedia of Vulcanism* : San Diego, Academic Press, p 601-616.